

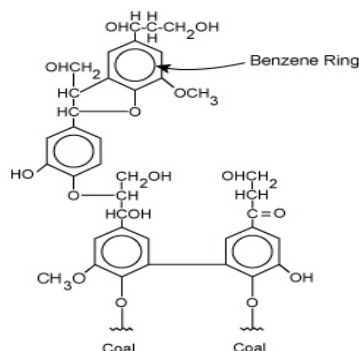
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Batubara

Batubara merupakan campuran senyawa-senyawa organik yang tersusun dari karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen dan sulfur. Senyawa-senyawa organik ini bercampur dengan air dan mineral-mineral di dalam tanah pada berbagai komposisi. Komponen-komponen ini melalui proses fisik dan kimiawi yang melibatkan panas dan pemadatan dalam kurun waktu yang lama.

Perbedaan jumlah panas dan tekanan yang terlibat selama pembentukan batubara menentukan peringkat batubara. Proses pembentukan batubara yakni gambut, lignit, sub-bituminus, bituminus dan antrasit. Peringkat batubara meningkat dari lignit, batubara peringkat rendah, hingga antrasit, batubara dengan peringkat tertinggi. Semakin tinggi peringkat batubara semakin tinggi kandungan karbon dan kekerasannya sedangkan kandungan oksigen, hidrogen dan reaktivitasnya turun.

Batu bara adalah salah satu bahan bakar fosil. Pengertian umumnya adalah batuan sedimen yang dapat terbakar, terbentuk dari endapan organik, utamanya adalah sisa-sisa tumbuhan dan terbentuk melalui proses pembatubaraan. Unsur-unsur utamanya terdiri dari karbon, hydrogen dan oksigen. Batubara juga adalah batuan organik yang memiliki sifat-sifat fisika dan kimia yang kompleks yang dapat ditemui dalam berbagai bentuk. Analisis unsur memberikan rumus formula empiris seperti $C_{137}H_{97}O_9NS$ untuk bituminus dan $C_{240}H_{90}O_4NS$ untuk antrasit.



Gambar 1. Rumus bangun batubara (USGS, 2012)

Berdasarkan tingkat proses pembentukannya yang dikontrol oleh tekanan, panas dan waktu, batu bara umumnya dibagi dalam lima kelas: antrasit, bituminus, sub-bituminus, lignit dan gambut.

- a) **Antrasit** adalah kelas batu bara tertinggi, dengan warna hitam berkilauan (*luster*) metalik, mengandung antara 86% - 98% unsur Karbon (C) dengan kadar air kurang dari 8%.
- b) **Bituminus** mengandung 68 - 86% unsur Karbon (C) dan berkadar air 8-10% dari beratnya. Kelas batu bara yang paling banyak ditambang di Indonesia, tersebar di pulau sumatera, kalimantan dan sulawesi.
- c) **Sub-bituminus** mengandung sedikit Karbon dan banyak air, dan oleh karenanya menjadi sumber panas yang kurang efisien dibandingkan dengan bituminus.
- d) **Lignit** atau batu bara coklat adalah batu bara yang sangat lunak yang mengandung air 35-75% dari beratnya.
- e) **Gambut**, berpori dan memiliki kadar air di atas 75% serta nilai kalori yang paling rendah.

2.2 Pencairan Batubara

Batubara terdiri dari lapisan-lapisan hidroaromatik yang disebut *lamellae*. Lapisan-lapisan ini dihubungkan dengan ikatan jembatan silang (*cross link*) dengan gugus fungsional disekelilingnya. Jumlah *cross link* dan gugus fungsional ini akan berkurang dengan meningkatnya rank batubara. Gugus fungsional pada batubara merupakan komponen yang sangat reaktif dan merupakan persenyawaan H, N, O dan S. Struktur batubara yang kompleks ini dalam proses pencairan harus dipecahkan untuk membentuk produk yang lebih ringan yang kaya akan hidrogen.

Pada proses pencairan batubara, katalis sangat berperan dalam reaksi hidrogenasi pelarut donor hidrogen. Molekul hidrogen kurang reaktif dibandingkan dengan pelarut donor hidrogen dalam proses stabilisasi radikal hasil fragmentasi batubara. Sifat kurang aktif dari molekul hidrogen menyebabkan pelarut donor

hidrogen terlibat langsung dalam proses hidrogenasi fragmen-fragmen batubara tersebut. Hidrogen yang dikeluarkan dari donor hidrogen mengakibatkan pelarut tersebut menjadi tidak aktif. Pengaktifan kembali dapat dilakukan dengan reaksi hidrogenasi. Molekul hidrogen dengan bantuan katalis dapat merehidrogenasi pelarut donor hidrogen pada proses pencairan batubara tersebut.

Pencairan batubara:

- Prinsipnya melalui dekomposisi termal batubara (biasanya 400-500°C batubara sudah/mulai mengeluarkan *liquid*)
- Kadang disebut karbonisasi atau *destructive distillation*, tapi istilah ini tidak tepat karena proses karbonisasi tidak ditujukan untuk menghasilkan liquid sebagai produk utama (Corganik = Ccoke/char/carbon+liquid+gas).
- Proses secara kimiawi pada prinsipnya:
 - Struktur kimia batubara dipecah menjadi kecil-kecil, ikatan-ikatan organik dipecah menjadi lebih kecil.
 - Rasio atom H/C ditingkatkan (supaya menjadi liquid).

Ada empat cara pada proses pencairan batubara:

- a) **Pyrolysis:** batubara dipanaskan (melebihi 400°C, tekanan bisa bervariasi) tanpa oksigen (disebut juga karbonisasi seperti di atas), menghasilkan char+*liquid*+gas. Bisa juga dengan kondisi kaya hidrogen (hidrokarbonisasi). Proses ini sederhana tapi tidak efektif karena dominan menghasilkan char daripada *liquid*.
- b) **Solvent extraction:** batubara dicampur solvent untuk menghasilkan *liquid* dengan adanya transfer hidrogen dari *solvent* ke batubara atau dari gas hidrogen ke batubara (temperatur sampai dengan 500°C, tekanan bisa bervariasi sampai dengan 5000 psi).
Solvent bisa berupa batubara cair hasil proses sebelumnya atau produk petroleum (bitumen, heavy oil)

- c) **Catalytic Liquefaction:** penggunaan katalis untuk menambah hidrogen ke batubara. Katalis bisa berupa iron oxide, zinc chloride, tin chloride, dan lain lain, tapi harus tetap ada suplai hidrogen.
- d) **Indirect liquefaction:** meliputi 2 tahap konversi, (1) batubara direaksikan dengan uap air dan oksigen untuk menghasilkan gas terutama CO dan H₂, (2) kemudian gas ini dimurnikan (membersihkan S, N, dan lain-lain), hasilnya direaksikan dengan katalis untuk dikonversi menjadi cair (kadang disebut proses Fischer-Tropsch). Bisa juga dikonversi untuk menghasilkan methanol, baru kemudian methanol dikonversi menjadi *liquid*.

Mekanisme Hipotetikal Proses Pencairan Batubara

1. Tahap destabilisasi

Tahapan ini merupakan tahapan awal yang dilakukan sebelum tahapan pemutusan ikatan secara termal. Tahapan ini dimaksudkan untuk mengganggu kestabilan ikatan senyawa kompleks batubara sehingga akan melemahkan energi ikatannya. Proses destabilisasi ini dilakukan dengan menggunakan medan elektromagnet dan elektrolisis secara simultan. Medan elektrolisis akan menyebabkan terjadinya gangguan dan splitting pada level energi bilangan kuantum magnetik atom yang berikatan sedangkan elektrolisis akan mengacak gaya Van der Waalsnya. Dengan memanfaatkan senyawa-senyawa minor pada batubara maka akan membantu untuk melemahkan gaya van der waals molekul-molekul batubara sehingga molekul ini merenggang jaraknya. Selanjutnya pelarut akan masuk ke dalam pori-pori molekul sehingga akan terjadi pembengkakan (swelling) molekul-molekul batubara ini.

2. Depolymerisation

Bagian ini lebih dikenal dengan proses perengkahan panas (*thermal cracking*). Batubara yang telah mengalami proses pembengkakan (swelling) dengan bantuan panas dari luar akan membantu memutuskan ikatan antar molekul-molekul batubara. Tahapan thermal craking didahului oleh ikatan inisiasi dengan pemutusan secara

homolitik menjadi radikal-radikal bebas. Pemutusan ikatan menjadi radikal bebas ini terjadi pada ikatan yang terlemah yaitu ikatan tunggal C-C dan C-O. Dengan pemutusan ikatan C-C ini maka akan terbentuk senyawa hidrokarbon baru dengan berat molekul yang lebih kecil dari senyawa kompleks batubara yang besar. Setelah terjadi inisiasi maka akan dilanjutkan dengan tahap propagasi ikatan membentuk beberapa jenis rantai hidrokarbon yang beragam. Tahapan ini akan diakhiri dengan mekanisme terminasi radikal bebas melalui proses stabilisasi.

3. Tahap Stabilisasi

Tahap ini bertujuan untuk menstabilkan radikal bebas yang terbentuk selama *thermal cracking* terjadi. Bagian ini dikenal dengan proses ekstraksi pelarut (*solvent extraction*). Molekul-molekul batubara dengan berat molekul yang kecil dan dalam keadaan tak stabil akan distabilkan kembali dengan bantuan pelarut donor hidrogen. Pelarut ini akan memberikan molekul hidrogennya pada molekul batubara yang tak jenuh agar batubara menjadi jenuh kembali. Selain memberikan donor hidrogen juga berkontribusi membentuk radikal lain yang akan berikatan dengan radikal hasil proses *thermal cracking* sehingga dapat saling menstabilkan. Tahap ini juga diharapkan dalam keadaan yang turbulensi agar proses ekstraksi batubara oleh pelarut lebih cepat dan homogen.

2.3 Jenis Pelarut

Pelarut adalah benda cair atau gas yang melarutkan benda padat, cair atau gas, yang menghasilkan sebuah larutan.

Pelarut paling umum digunakan dalam kehidupan sehari-hari adalah [air](#). Pelarut lain yang juga umum digunakan adalah bahan kimia organik (mengandung [karbon](#)) yang juga disebut pelarut organik. Pelarut biasanya memiliki titik didih rendah dan lebih mudah menguap, meninggalkan substansi terlarut yang didapatkan. Untuk membedakan antara pelarut dengan zat yang dilarutkan, pelarut biasanya terdapat dalam jumlah yang lebih besar.

Sifat pelarut yang karakteristik berpengaruh besar terhadap hasil cair yang diperoleh pada likuifaksi batubara sehingga diperlukan pemilihan pelarut yang tepat. Pertimbangan dalam pemilihan pelarut adalah :

1. Dapat melarutkan umpan batubara dengan baik,
2. Sebagai medium untuk melarutkan hasil yang diperoleh,
3. Membantu pelarutan H_2 sehingga memudahkan perpindahan massa H_2 menuju katalisator dan batubara,
4. Berperan dalam proses hidrogenasi batubara dan produknya sebagai donor-H dan perpindahan massa H_2 ke batubara dari fase gas atau dari pelarut yang digunakan untuk hidrogenasi tersebut (Masduki, dkk., 2001).

Proses likuifaksi batubara dijalankan pada suhu 315-470°C, melalui dua cara yaitu dengan menggunakan proses pelarutan (solvasi) dan tanpa menggunakan pelarut. Cara pertama batubara dilarutkan dalam pelarut tertentu yang mempunyai sifat donor-H ataupun tidak, kemudian hidrogen bertekanan diinjeksikan ke dalamnya. Pada cara kedua dilakukan hidrogenisasi secara langsung tanpa menggunakan pelarut.

2.3.1 Sikloheksana

Salah satu pelarut yang umum digunakan adalah sikloheksana. Ekstraksi pelarut sikloheksana dari batubara Wyodak memiliki H/C rasio lebih tinggi dan lebih alifatik dari batubara Illinois #6 (Ghandi, 2013). Rasio H/C batubara yang semakin tinggi mempengaruhi semakin reaktif atau mudah terkonversi pada suhu rendah karena rasio H/Cnya mendekati rasio H/C minyak (Tarla, dkk., 2013).

Adapun spesifikasi dari sikloheksana (C_6H_{12}) adalah sebagai berikut :

1. Berat molekul : 84,16 gr/mol
2. Penampilan : Cairan tak berwarna
3. Bau : Manis, seperti bensin
4. Densitas : 0,7781 gr/mL, cairan
5. Titik lebur : 6,47°C; 43,65°F; 279,62 K

- 6. Titik didih : 80,74°C; 177,33°F; 353,89 K
- 7. Tekanan uap pada 465°C : 12 bar
- 8. Kelarutan dalam air : Tidak bercampur
- 9. Indeks refraksi (n_D) : 1,42662
- 10. Viskositas : 1,02 cP pada 17°C
- 11. Titik nyala : -20 °C; -4 °F; 253 K
- 12. Suhu menyala sendiri : 245 °C; 473 °F; 518 K

(Ansari, 2014)

2.3.2 Kerosin

Minyak tanah atau kerosin merupakan cairan hidrokarbon yang tak berwarna dan mudah terbakar dan memiliki titik didih antara 200 °C dan 300 °C. Minyak tanah atau disebut juga parafin. Minyak tanah banyak digunakan untuk lampu minyak dan kompor, sekarang banyak digunakan sebagai bahan bakar mesin jet (Avtur, Jet-A, Jet-B, JP-4 atau JP-8). Kerosin dikenal sebagai RP-1 digunakan sebagai bahan bakar roket. Pada proses pembakarannya menggunakan oksigen cair. Kerosin didestilasi langsung dari minyak mentah dan memerlukan pengendalian khusus dalam sebuah unit *merox* atau *hydrotreater* untuk mengurangi kadar belerang dan perkaratan. Kerosene dapat juga diproduksi oleh *hydrocracker*, yang digunakan untuk meningkatkan bagian dari minyak mentah yang cocok untuk bahan bakar minyak.

- 1. Densitas : 0,750-0,845 kg / l, zat cair
- 2. Titik Lebur : -60 ° C to -26 ° C
- 3. Titik Didih : ~ 150 to 300 ° C
- 4. Viskositas : 8,0-8,8 mm² / s (-20 ° C)
- 5. Titik Nyala : 28 to 60 ° C

(Wikipedia, 2016)

2.4 Katalis

Katalisator digunakan untuk menurunkan energi aktivasi zat-zat pereaksi, sehingga pada suhu yang tetap reaksi berlangsung lebih cepat. Makin banyak katalisator yang digunakan, konversi akan bertambah, tetapi pada suatu saat penambahan katalisator tidak akan menambah hasil cair yang berarti. Selain itu penggunaan katalisator dalam proses liquifaksi batubara dapat mereduksi kandungan sulfur dalam produk (Masduki, dkk., 2001).

Di antara berbagai halida logam, seng klorida adalah salah satunya. Seng klorida akan cair pada kondisi reaksi dan pada gilirannya berfungsi untuk mengatasi beberapa masalah dalam katalisis heterogen. Keuntungan tambahan dari menggunakan seng klorida termasuk minim penggunaan hidrogen dan kemungkinan katalis diresikel melebihi 99%. Mengingat keunggulan ini oleh berbagai kelompok riset seng klorida telah diterapkan. Peneliti juga telah mengembangkan proses percontohan memanfaatkan seng klorida sebagai katalis utama (Ghandi, 2013).

Adapun spesifikasi dari zink klorida (ZnCl_2) adalah sebagai berikut :

1. Berat Molekul : 136,3 gr/mol
2. Titik didih : 732°C
3. Titik Lebur : 290°C
4. Tekanan Uap pada 428°C : 1 mmHg
5. Densitas : 2,91 gr/mL
6. Kelarutan pada 25°C : 423 gr/100 gr Air
7. pH : 4
8. Berupa kristal putih dan tidak berbau

(Wikipedia, 2009)

2.5. Elemen Heater

Elemen heater adalah elemen yang menghasilkan panas yang bersumber dari material yang mempunyai resistansi yang tinggi terhadap listrik yang kemudian diberi arus listrik.

Ada banyak macam dari elemen pemanas ini tergantung dari kebutuhan. Namun pada dasarnya dapat di kategorikan sebagai berikut :

1. ELEMEN PEMANAS BENTUK AWAL

Yaitu Elemen pemanas dimana material beresistansi tinggi tersebut kemudian dilapisi oleh material isolator listrik. Isolator tersebut bisa dari keramik, silikon dan sebagainya.

2. ELEMEN PEMANAS BENTUK LANJUTAN

Merupakan Elemen Pemanas yang bentuknya mengalami pengembangan. Untuk menambah efisiensi, ketahanan ataupun meningkatkan fungsi dari pemanas tersebut dilakukan penambahan lapisan logam, pipa ataupun lembaran plat pada badan elemen pemanas. Logam yang di gunakan yaitu kuningan, tembaga, bronze, stainless steel dan steel (besi).

2.5.1 Ceramic Heater

Ceramic Heater ataupun pemanas keramik adalah Item kompleks yang menghasilkan panas dengan melewati listrik melalui material beresistansi tinggi yang tertanam dalam piringan keramik. Dengan sepenuhnya ditanam dalam keramik maka panas langsung di transfer ke lapisan keramik tersebut. Hal ini juga bermanfaat untuk kawat pemanas sehingga terlindungi dan dapat memperpanjang umur elemen. Penemu dari pemanas keramik tersebut di atas adalah perusahaan Elstein-Werk dari Jerman. Untuk model dasar radiator keramik sebagai bola dengan sekrup-topi, paten untuk Elstein diterbitkan pada 24 Maret 1949. Item ini dikenal juga di seluruh dunia dengan nama “Elsteinheater”.

Biasanya dimanfaatkan untuk memanaskan benda yang permukaannya padat diantaranya untuk memanaskan : plastik, makanan, ruangan, *metal*, cat, dan lain-lain. Aplikasi lainnya juga digunakan sebagai *drying* untuk material plastik foil dan sheet, hasil cetakan *printer*, *furniture* kayu, material kaca, dan lain-lain.

-Silica Dan Quartz Heater

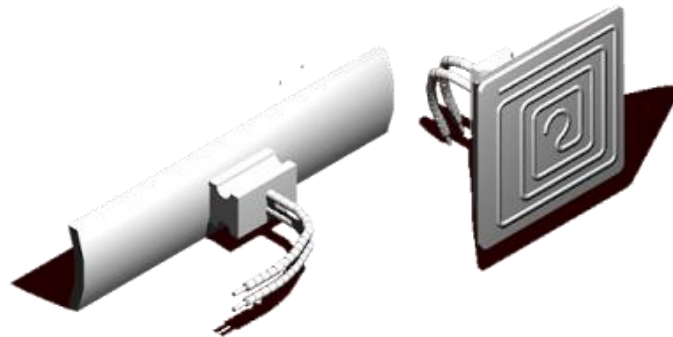
Silica (Silikon Oksida) bias berbentuk gelas,semen atau keramik. Pemanas silica biasanya adalah elemen (material beresistansi tinggi) yang dibuat kompleks,

kemudian dilapisi oleh silica. Sehingga panasnya memancar karena bahan silica yang bening. Penjelasan untuk Quartz pun serupa dengan silica.

Silica / Quartz heater juga disebut dengan Infrared Heater / Pemanas Infrared. Ini disebabkan karena pancaran panas yang dihasilkan merupakan radiasi cahaya infrared. Radiasi bias terjadi antara 780nm sampai 1mm tergantung dari panas yang dihasilkan. Hubungan antara temperatur dan jarak radiasi disebutkan dalam hukum “Wien’s Displacement”. Pemanas Infrared mampu menghasilkan panas kapasitas produksi penuh dalam 40 sampai 50 detik dan dingin dalam waktu kurang dari 15 detik. Karakteristiknya yang sangat baik saat dioperasikan terus menerus atau sebentar-sebentar. Dengan panas yang cepat dan waktu respon dingin. Untuk pemanasan yang paling efisien dan masa operasi lebih lama, aplikasi pemanas kuarsa sekitar 35 sampai 40 watt per inci persegi.

Aplikasi :

- 1) Laminating
- 2) Thermoforming
- 3) Pembentukan Plastik
- 4) Fusing
- 5) Pemanas Makanan
- 6) Pencairan
- 7) Menyalin Peralatan Elektrostatis
- 8) Pengolahan Makanan
- 9) Pengeringan Peralatan Film & Foto
- 10) Pengeringan Tekstil
- 11) Pengeringan Lacquers dan Cat
- 12) Pengeringan Cores Pasir
- 13) Ruang Pemanas



Gambar 6. Infrared Heater

A. *Bank Chanel Heater*

Chanel Heater ataupun Saluran Elemen Pemanas adalah jenis pemanas yang telah dirancang untuk memberikan pemanasan modular pada unit yang diinginkan. Didesain dengan kuat sehingga cocok untuk dipakai pada tegangan rendah sekalipun. Dengan sifatnya yang *portable* maka cocok untuk digunakan dalam tungku sementara.

Elemen panas dihasilkan dari kumparan kawat nikel krom yang dimasukkan ke dalam tabung alumunium kemudian di rangkai dengan tabung lainnya dengan saluran dari bahan stainless. Atau pemanas ini dapat diproduksi dengan menggunakan bahan keramik seperti heater umumnya, desain seperti ini cocok untuk temperatur sampai dengan 800°C. Untuk penggunaan diatas suhu tersebut dapat dicapai dengan variasi komposisi kumparan kawat dan desain dari pemanas tersebut. Nominal tegangan bervariasi hingga 240 V.

Pemanas ini harus diberi arus sebesar 55 A dan tegangan bervariasi antara 30 sampai 277V. Jika kebutuhan pemanasan makin tinggi, maka memungkinkan sambungan dari pemanas dikelompokkan menjadi tiga dan memakai pasokan listrik 3fasa. Aplikasi dari jenis pemanas ini biasa ditemukan pada industry-industri seperti piringan panas, cetakkan (mold & dies) ataupun pada permukaan dimana panas dibutuhkan.

B. Black Body Ceramic Heater

Sama halnya seperti pemanas keramik , namun pada jenis ini mempunyai efisiensi maksimum yaitu dengan mengubah setiap energi daya menjadi energi radiasi. Konveksi kerugian yang maksimal, suhu dapat dikendalikan dengan proses yang dikategorikan dalam “*thermocouple built-in*”. Panjang gelombang dapat disesuaikan dengan karakteristik penyerapan dari bahan yang dipanaskan. Kehilangan panas dan perubahan proses juga dapat dikurangi.

Badan Black Body Ceramic Heater dengan lubang lubang 5/16 “(8mm) di seluruh permukaan praktis untuk aplikasi pemanasan berseri-seri dengan kebutuhan pendinginan . Sepanjang 8-7/8” x 12-1/8 “(225mm x 308mm) kombinasi radiasi / sumber panas konvektif diperlukan udara yang ditiupkan melalui permukaan sehingga memberikan pendinginan atau transfer konveksi panas.